

DERWENT-ACC-NO: 1999-159602

DERWENT-WEEK: 200169

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Power semiconductor module for
electric power converter
- has conductive resin with
predefined volume resistivity
and elasticity, that connects emitter
electrode to power
semiconductor chip electrically

PATENT-ASSIGNEE: MITSUBISHI ELECTRIC CORP[MITQ]

PRIORITY-DATA: 1997JP-0167329 (June 24, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	
LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 11017087 A	006	January 22, 1999
		H01L 023/48
JP 3220900 B2	006	October 22, 2001
		H01L 025/07

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 11017087A	N/A	
1997JP-0167329	June 24, 1997	
JP 3220900B2	N/A	
1997JP-0167329	June 24, 1997	
JP 3220900B2	Previous Publ.	JP 11017087
	N/A	

INT-CL (IPC): H01L021/60, H01L023/48, H01L025/07,
H01L025/18

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11017087A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A power semiconductor chip (4) is provided inside a case (7). An

emitter electrode (9) is electrically connected to the power semiconductor chip using conductive resin (10). The conductive resin has volume resistivity of 1 Omega cm or less and its elasticity is 1000 kgf/mm² or less.

USE - For electric power converter.

ADVANTAGE - The conductive resin absorbs even large heat stress generated and thereby long connection reliability is improved. Reduces switching noise and electric power loss during running.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing depicts the sectional view of power semiconductor module.

(4) Semiconductor chip; (7) Case; (9) Emitter electrode; (10) Conductive resin.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/5

TITLE-TERMS: POWER SEMICONDUCTOR MODULE ELECTRIC POWER CONVERTER CONDUCTING

RESIN PREDEFINED VOLUME RESISTOR ELASTIC CONNECT Emitter ELECTRODE POWER SEMICONDUCTOR CHIP ELECTRIC

DERWENT-CLASS: U11

EPI-CODES: U11-D03A2;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-116199

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、モジュールを構成する配線の電気的接続に導電性樹脂を用いたことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項2】 上記導電性樹脂は、銀、金、銅、ニッケル、および炭素の内の少なくとも何れか1つを含有し、体積抵抗率が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、かつ、弾性率が $1000\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下であるものであることを特徴とする請求項1記載のパワー半導体モジュール。

【請求項3】 パワー半導体チップの活性面と配線電極との電気的接続に導電性樹脂を用いたことを特徴とする請求項1または2記載のパワー半導体モジュール。

【請求項4】 外部電極へとつながるパワー半導体モジュール内部の主回路配線電極をパワー半導体チップの活性面上に配置し、上記電極と活性面とを導電性樹脂により接続したことを特徴とする請求項1ないし3の何れかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項5】 パワー半導体チップの活性面と金属体とを導電性樹脂で接続し、上記金属体と外部電極へとつながるパワー半導体モジュール内部の主回路配線電極とを接続したことを特徴とする請求項1または2記載のパワー半導体モジュール。

【請求項6】 導電性樹脂による電気的接続部を加圧する部材を備えたことを特徴とする請求項1ないし5の何れかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項7】 パワー半導体モジュール内部を、弾性率 $1\sim3000\text{kgf}/\text{mm}^2$ の熱硬化性樹脂でモールドしたことを特徴とする請求項1ないし6の何れかに記載のパワー半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電力変換装置などに用いられるパワー半導体モジュール、さらに詳しくは、パワー半導体モジュールにおける配線の電気的接続部の構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のパワー半導体モジュールの一例として、汎用のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)モジュールの断面図を図1に示す。図において、1はAlやCu等の放熱用金属ベース板、7はプラスチックケース、2はAlN等の絶縁基板、4はIGBTチップ、8はコレクタ電極、9はエミッタ電極、6はチップ4とエミッタ電極9とを接続するAlワイヤボンド、3はその中継基板、5はモジュール内部をモールドするシリコンゲルである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来のパワー半導体モジュールでは、上記のように、パワー半導体チップ4と主回路配線電極9との電気的接続にAlワイヤボンド6を

用いている。ところが、この構造では、定格 5A 以下の小容量のモジュールならば、運転時の発熱量が小さいため、ワイヤボンド6接続部に問題はあまり起こらないが、それ以上の大容量モジュールになると、運転時の発熱量が大きく、温度サイクルが激しいため、パワー半導体チップ4とAlワイヤ6との熱膨張差により生ずる熱ストレスにより接合面の剥離が生じやすく、長期的信頼性に問題があった。

【0004】 さらに詳しく説明すると、ここで言うところの熱ストレスは、通常の半導体チップを用いたものは、ストレスモードが大きく異なる。通常の半導体チップでは、チップ自体の発熱量は小さく、主に加わる熱ストレスとしては、アセンブリ工程におけるはんだリフロー

や信頼性評価試験時におけるヒートショックサイクルといった外的な要因によるものであるのに対して、パワー半導体モジュールにおいて大きな問題となるのは、運転時(大電流通電時)におけるパワー半導体チップ自身の大きな発熱に起因した急峻な温度サイクルが高頻度に発生するために生じる熱ストレスにある。これは、当然大容量のモジュールになるほど重大な問題となってくる。そのため、パワー半導体モジュールでは、通称「パワーサイクル試験」と呼ばれる、パワー半導体チップに断続的に通電することによって非常に高速に温度変化させ、しかも非常に回数の多いヒートショックサイクル試験をクリアすることが要求される。このことは、文献(題名: RELIABILITY TESTING AND ANALYSIS OF IGBT POWERMODULES、著者: Peter Yacob, Marcel Held, Paolo Scacco, Wuchen Wu、出典: IEE Colloquium on "IGBT propulsion drives" 25 April 1995)にも示されているが、従来のパワー半導体モジュールにおいては、パワーサイクル試験において、接合部の温度差 $\Delta T_j = 70^\circ\text{C}$ の条件で、8~20万回でほとんどがワイヤボンド剥離モードで破壊していた。

【0005】 一方、熱ストレス以外の問題として、パワー半導体モジュールにおいて、パワー半導体チップ4と配線電極9とをワイヤボンド6で接合する方式では、ワイヤの断面積が小さく、また、ワイヤボンドできる本数にも限りがある。そのため、パワー半導体チップ表面すなわち活性面電極を有効に使うことができず、電流の分流特性が悪くなったり、大容量モジュールでは、ワイヤ6を流れる電流密度が非常に高くなり、過電流により断線する危険性が高くなる。さらに、モジュール製造工程において、ワイヤボンド時にパワー半導体チップ4の破壊、初期接合不良などが起こりやすく、歩留まりが低いなどの問題もあった。

【0006】 また、特開平6-302734号公報には、パワー半導体チップ4と配線電極9とをバネ形状の電極リードで接続して、使用時の温度サイクルによるシリコンゴム層の伸縮によって生じる応力を吸収することが記載されているが、この場合にも、パワー半導体チップ4と電極

リードとの熱膨張差により生じる接合面の剥離の問題は依然として残されたままである。

【0007】本発明は、上記のような問題点を解消するためになされたものであり、特に、パワー半導体モジュールに強く要求される電気的接続の長期信頼性を得ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の構成によるパワー半導体モジュールは、モジュールを構成する配線の電気的接続に、導電性樹脂を用いたものである。

【0009】また、本発明の第2の構成によるパワー半導体モジュールは、上記構成に加えて、上記導電性樹脂は、銀、金、銅、ニッケル、および炭素の内の少なくとも何れか1つを含有し、体積抵抗率が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、かつ、弾性率が $1000\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下であるものである。

【0010】また、本発明の第3の構成によるパワー半導体モジュールは、上記各構成に加えて、パワー半導体チップの活性面と配線電極との電気的接続に導電性樹脂を用いたものである。

【0011】また、本発明の第4の構成によるパワー半導体モジュールは、上記各構成に加えて、外部電極へとつながるパワー半導体モジュール内部の主回路配線電極をパワー半導体チップの活性面上に配置し、上記電極と活性面とを導電性樹脂により接続したものである。

【0012】また、本発明の第5の構成によるパワー半導体モジュールは、上記1または2の構成に加えて、パワー半導体チップの活性面と金属体とを導電性樹脂で接続し、上記金属体と外部電極へとつながるパワー半導体モジュール内部の主回路配線電極とを接続したものである。

【0013】また、本発明の第6の構成によるパワー半導体モジュールは、上記各構成に加えて、導電性樹脂による電気的接続部を加圧する部材を備えたものである。

【0014】また、本発明の第7の構成によるパワー半導体モジュールは、上記各構成に加えて、パワー半導体モジュール内部を、弾性率 $1\sim3000\text{kgf}/\text{mm}^2$ の熱硬化性樹脂でモールドしたものである。

【0015】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 以下、本発明の一実施の形態を図を用いて説明する。図1は本発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。図において、1はAlやCu等の放熱用金属ベース板、7はプラスチックケース、2はAlN等の絶縁基板、4はIGBTチップ、8はコレクタ電極、9はエミッタ電極、10はチップ4とエミッタ電極9を接続する導電性樹脂、5はモジュール内部をモールドするシリコンゲルである。なお、導電性樹脂としては、例えばマトリクスとしてのエポキシ樹脂に、導電機能を担う充填材として銀を80wt%含有させた

ものが用いられ、体積抵抗率： $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ 、弾性率： $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ であった。

【0016】このような構造を用いることにより、以下の効果が得られる。すなわち、従来の構造では、パワー半導体チップ（線膨張係数： $3\sim4\text{ppm}/\text{°C}$ ）とAlワイヤ（線膨張係数： $24\text{ppm}/\text{°C}$ ）の熱膨張差は、 $20\sim21\text{ppm}/\text{°C}$ と非常に大きなものであり、さらにパワー半導体モジュールでは実機運転時に加わる温度サイクルによって、ワイヤボンド接合部には、急激な熱ストレスが高頻度に発生し、接合部の剥離などが起きやすかつた。そこで、このような大きな熱ストレスを吸収するために、IGBTチップ4とエミッタ電極9とを上記の導電性樹脂10で直接接続して、 $\Delta T_j = 70\text{°C}$ の条件でパワーサイクル試験を行ったが、30万サイクル以上実施しても、導電性樹脂10の剥離はもちろん、クラックなども生じず、導電性能は維持されたままであった。よって、実機運転中に加わる温度サイクルのため生じる熱ストレスは、導電性樹脂10によりほとんど吸収されてしまい、電気的接続部の長期信頼性は、従来のAlワイヤボンド接合

10 に比べ、大幅に向上する。さらに、この導電性樹脂10をパワー半導体チップ4と配線電極との接続に使う方法は、ワイヤボンド接続法に比べ、パワー半導体チップ活性面を広く有効に使えるため、接続部の断面積を大きく、電流密度を小さくすることが可能ため、より大電流容量へ適用しやすいという利点もある。

【0017】また、本実施の形態1によれば、モジュールの外部電極につながる主回路配線のエミッタ電極9が図5で示した従来例のように中継基板3を経由せずに、直接パワー半導体チップ4の活性面と接続する構造をとっているため、従来の構造に比べ、モジュール内部のインダクタンスが小さくなり、運転時のスイッチングノイズ及び電力ロスを低減できる効果がある。

【0018】なお、ここで用いられる導電性樹脂10としては、体積抵抗率が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下のものが好ましい。これは、例えば、体積抵抗率 $10\Omega\cdot\text{cm}$ 程度のものでは、樹脂部10で発生する抵抗により、パワー半導体チップ4の動作に悪影響を及ぼすことがあるためである。また、樹脂部10で発生する熱が大きくなるため、ヒートシンク、絶縁基板2等、モジュール内部を含めた他の構造を変更しなければならない問題がでてくる。また、ここで用いられる導電性樹脂10の弾性率は、 $1000\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下であることが好ましい。例えば、弾性率 $3000\text{kgf}/\text{mm}^2$ の導電性樹脂10を用いた場合、パワー半導体チップ4と電極9の熱膨張差による熱ストレスを吸収できず、 $\Delta T_j = 70\text{°C}$ の条件のパワーサイクル試験において、20万回でNGになる場合があった。また、ここで用いられる導電性樹脂10のマトリクス材料としては、エポキシ樹脂が好適に用いられるが、これに限定されず、上述の体積抵抗率および弾性率を満足する材料であれば、他の材料、例えば、ポリイミド等の熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂および

エラストマーなども使用できる。さらに、導電機能を担う充填材としては上述の銀(Ag)の他に、金(Au)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、および炭素(C)の内の何れか1つまたはいくつかの混合物を用いてもよく、特に粉末状のものがペーストにするのに好適である。なお、体積抵抗率を小さくするために充填材を多くすると弾性率が高くしかも脆くなり、逆に弾性率を低くするために充填材を少なくすると体積抵抗率が大きくなってしまうため、体積抵抗率と弾性率の両方の上限条件を満足するようにマトリクス材料と充填材およびその含有率が決定される。以上の導電性樹脂10についての説明は、以下の各実施の形態においても同様に適用される。

【0019】実施の形態2. 図2は本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。図において、11は導電性樹脂10による電気的接続部を加圧する加圧部材であり、ばねやゴムやスポンジなどの弾性体が好適に用いられ、この例ではケース7の天井部とエミッタ電極9のパワー半導体チップ4との接続部間に配置されている。なお、加圧部材11には、絶縁性の材料、非絶縁性の材料共に使用可能であるが、後者の場合は、加圧部材11と電気的接続部とを絶縁する方がより望ましい。図2に示す様に、導電性樹脂10による電気的接続部を加圧する部材11を設けることにより、実施の形態1の場合よりも、さらに、パワー半導体モジュールの電気的性能および長期的接続信頼性を向上することができる。これは、導電性樹脂10層を加圧することにより、樹脂10内の導電性粒子同士の接触が良くなり体積抵抗率が低下し、かつ、導電性樹脂10と電極9との接触抵抗が低下するため、通電性能が上昇すること、及び、導電性樹脂10とパワー半導体チップ4および配線電極9との界面の密着性が高まり、接続信頼性が向上することによる。なお、この効果は、導電性樹脂10の弾性率が小さい場合ほど大きくなる。

【0020】実施の形態1と同じ導電性樹脂10を用い、電気的接続部を3 kg / cm²の圧力で加圧した状態でパワーサイクル試験を行ったところ、 $\Delta T_j = 70^\circ\text{C}$ の条件において、30万サイクル実施しても全く問題ないばかりか、 $\Delta T_j = 100^\circ\text{C}$ の条件においても、30万サイクル以上経過しても、導電性樹脂10の剥離、クラックなどの問題は生じなかった。

【0021】実施の形態3. 図3は本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。図において、12はパワー半導体チップ4の活性面に導電性樹脂10により接合された金属体すなわちバッファ金属板であり、このバッファ金属板12とエミッタ電極9とはAIワイヤボンド6で接合されている。ここで用いられるバッファ金属板12としては、ワイヤボンド時の圧力を緩衝でき、かつ、十分な導電率を有した材料であることが必要であり、Mo、Cu、Al等が好適に使用されるが、これらに限定されるものではない。

【0022】上記の構成にすることで、図5で示した従来のAIワイヤボンド接合方式に比べ、次の2つの利点が得られる。1つは、パワー半導体チップ4の活性面に直接ワイヤボンドするのに比べ、ワイヤボンド時の加圧力を強くできるため、より強固な接合を得ることができる点であり、2つ目が、パワー半導体チップ4よりも熱膨張率の大きな金属を用いることができる所以、ワイヤ6材との熱膨張差が小さくなり、接合部における熱ストレスを低減できる点である。以上の効果により、従来の方式では大きな欠点であったAIワイヤボンド6接合部のはがれが防止できる。

【0023】実施の形態1、2と同じ導電性樹脂10を用い、パワー半導体チップ4とバッファ金属体12であるMo板を接続し、その上からAIワイヤボンドを行った実施の形態3に見られる構成のモジュールについて、パワーサイクル試験を実施したところ、 $\Delta T_j = 70^\circ\text{C}$ の条件で、30万サイクル経過しても、AIワイヤ6のはがれは見られなかった。また、導電性樹脂10部においても樹脂はがれ、クラックなどの不良は起こらなかった。

【0024】実施の形態4. 図4は本発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。本実施の形態では、上記実施の形態3の構成に加え、導電性樹脂10によるバッファ金属体12とパワー半導体チップ4との電気的接続部を加圧部材11によって加圧する構造を採用している。この加圧構造により、実施の形態2で述べたのと同様の効果によって、電気的接続部の信頼性がさらに向上する。

【0025】なお、上記実施の形態3、4においては、バッファ金属体12と中継基板3とをワイヤボンド6で接続した場合について説明しているが、ワイヤボンド6を使わずに、例えば、厚銅箔や通常の電線を使用して接続しても差し支えはない。さらに、中継基板3を用い、外部電極へつながるエミッタ電極9とバッファ金属体12とを導電性樹脂10により直接接続した場合にも、また、ワイヤや金属箔等でエミッタ電極9とバッファ金属体12とを接続した場合にも、本発明により見いだされた導電性樹脂10を用いた電気的接続法における接続信頼性向上の効果が損なわれることはない。

【0026】なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、変更できるものである。例えば、上記各実施の形態では、パワー半導体モジュール内部に絶縁材料としてシリコンゲル5を充填しているが、本発明ではこれを、弾性率が1~3000 kgf/ mm²である熱硬化性樹脂に置き換えることが可能になる。従来のAIワイヤボンド直接接合方式では、このような弾性率の高い樹脂でモールドすると、モールド樹脂とAIワイヤとの熱膨張差に起因する熱ストレスにより、断線、剥離などの不具合が発生しやすいため、弾性率の低いシリコンゲル(0.1~1000 gf / mm²)などで封止するしかなかった。ところが、本発

明における導電性樹脂10を用いた電気的接続方式を用いれば、シリコンゲル封止でも問題ないのに加え、上記弾性率が1~3000 kgf / mm² であるエポキシ樹脂を代表とする熱硬化性樹脂でモールドしても、導電性樹脂10が熱ストレスを吸収してくれるため、電気的接続信頼性があまり低下することはない。

【0027】また、上記各実施の形態で説明したパワー半導体チップ4としては、IGBTの他に、ダイオード、GT0、サイリスタ、トライアック、MOSFET、バイポーラトランジスタ、SIT等があり、これらを単独で使用してもよく、混在させて使用してもよい。

【0028】さらに、上記各実施の形態では、主にパワー半導体チップ4とエミッタ電極9の接続について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、パワー半導体チップ4とコレクタ電極8との接続、主回路配線電極と外部配線との接続、絶縁基板2上の配線と電極との接続、ゲート配線などにも適用することも可能である。

【0029】

【発明の効果】以上のように、本発明の第1の構成によるパワー半導体モジュールでは、モジュールを構成する配線の電気的接続に、導電性樹脂を用いたので、モジュールの使用に際して、急峻で高頻度の温度サイクルが加わり、大きな熱ストレスが発生しても、導電性樹脂部分で吸収することができるので、モジュールの長期的接続信頼性が向上する効果がある。

【0030】また、本発明の第2の構成によるパワー半導体モジュールでは、上記構成に加えて、上記導電性樹脂は、銀、金、銅、ニッケル、および炭素の内の少なくとも何れか1つを含有し、体積抵抗率が1 Ω·cm以下であり、かつ、弾性率が1000kgf/mm²以下であるので、配線の電気的接続の役割を担うとともに、電極接続部において、熱膨張差により生ずる熱ストレスを吸収し、パワー半導体モジュールの電気的並びに機械的接続信頼性を向上させる。

【0031】また、本発明の第3の構成によるパワー半導体モジュールでは、上記各構成に加えて、パワー半導体チップの活性面と配線電極との電気的接続に導電性樹脂を用いたので、活性面を有効に活用することができ、ワイヤボンドにおけるような分流特性の問題や、ワイヤに流れる高電流密度、過電流による断線の問題、さらにはワイヤ接合時のパワー半導体チップの破壊や接合不良などによる歩留まりの問題を解決できる。

【0032】また、本発明の第4の構成によるパワー半

導体モジュールでは、上記各構成に加えて、外部電極へとつながるパワー半導体モジュール内部の主回路配線電極をパワー半導体チップの活性面上に配置し、上記電極と活性面とを導電性樹脂により接続したので、従来のように中継基板を経由するのに比べてモジュール内部のインダクタンスが小さくなり、運転時のスイッチングノイズ及び電力ロスを低減できる効果がある。

【0033】また、本発明の第5の構成によるパワー半導体モジュールでは、上記1または2の構成に加えて、10 パワー半導体チップの活性面と金属体とを導電性樹脂で接続し、上記金属体と外部電極へとつながるパワー半導体モジュール内部の主回路配線電極とを接続したので、従来のようにパワー半導体チップの活性面に直接ワイヤボンドするのに比べてより強固な接合を得ることができると共に、金属体の材料を選択することにより接合部における熱ストレスを低減できる効果がある。

【0034】また、本発明の第6の構成によるパワー半導体モジュールでは、上記各構成に加えて、導電性樹脂による電気的接続部を加圧する部材を備えたので、パワー半導体モジュールの電気的性能および長期的接続信頼性がより向上する効果がある。

【0035】また、本発明の第7の構成によるパワー半導体モジュールでは、上記各構成に加えて、パワー半導体モジュール内部を、弾性率1~3000kgf/mm²の熱硬化性樹脂でモールドしたので、電気的接続信頼性を損なうこと無く、使用可能なモールド材の種類が増える。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。

30 【図2】 本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。

【図3】 本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。

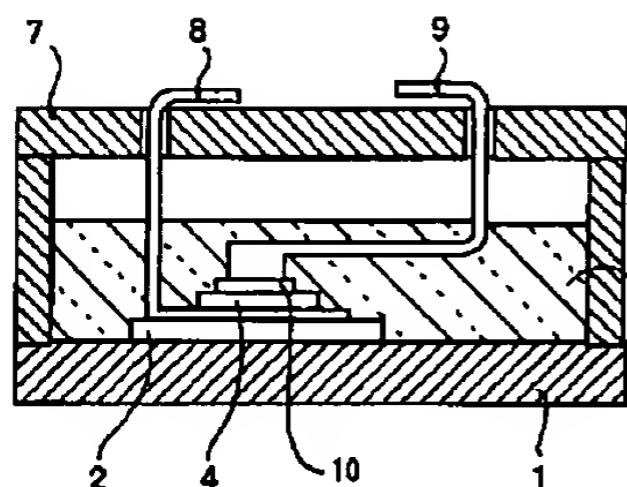
【図4】 本発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。

【図5】 従来のパワー半導体モジュールの構成を示す断面図である。

【符号の説明】

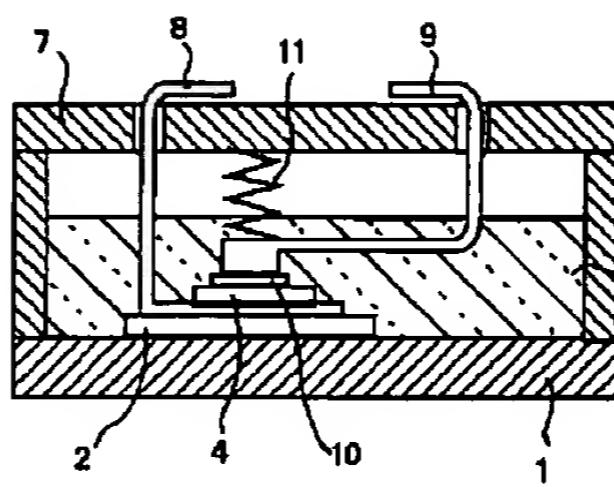
1 放熱用金属ベース板、 2 絶縁基板、 3 中継基板、 4 パワー半導体チップ、 5 シリコンゲル、 6 A1ワイヤボンド、 7 ケース、 8 コレクタ電極、 9 エミッタ電極、 10 導電性樹脂、 11 加圧装置、 12 バッファ金属。

【図1】



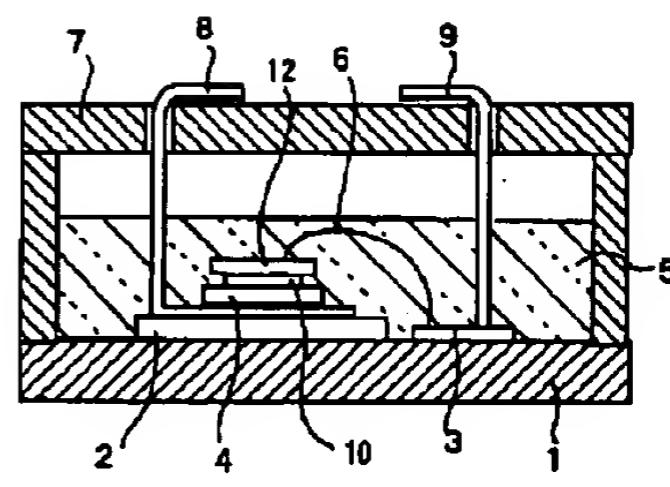
1:放熱用金属ベース板
2:絶縁基板
4:パワー半導体チップ
5:シリコンゲル
7:ケース
8:コレクタ電極
9:エミッタ電極
10:導電性樹脂

【図2】



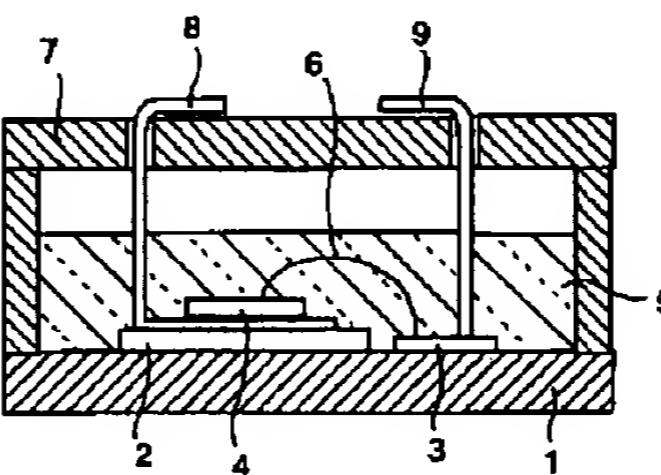
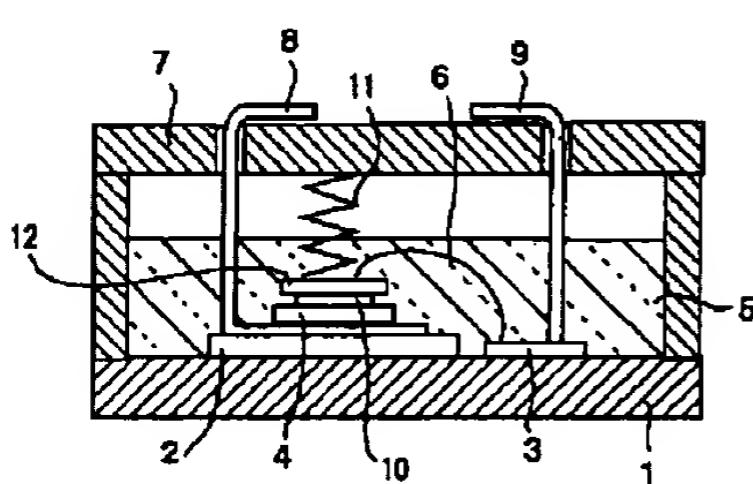
11:加圧部材

【図3】



12:金属体

【図4】



【図5】

フロントページの続き

(72)発明者 武藤 浩隆

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 上貝 康己

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 碓井 修

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 堀口 剛司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 藤岡 弘文

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 菊永 敏之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内